

ふん尿発酵産物の飼料的利用

1. ミネラルと微生物で処理した牛尿、いわゆる活性水の添加がサイレージの発酵に及ぼす影響

安宅 一夫¹⁾・本田 勉¹⁾・菊地 政則²⁾
小阪 進一¹⁾・野 英二³⁾

Utilization of Fermented Dairy Manure as Feed 1. Effect of addition of dairy urine treated with minerals and bacteria

Kazuo ATAKU, Tutomu HONDA, Masanori KIKUCHI,
Sin-ichi KOSAKA and Eiji NO
(June 1995)

結 言

材料および方法

わが国をはじめ、酪農先進国では家畜糞尿による環境汚染問題が大きくクローズアップされてきている³⁾。

本来、酪農は、土一草一家畜の関連において経営内で物質循環が可能な農業であるとされてきたが、規模拡大により、酪農においても糞尿の生産が草地への施用を上回り、過剰の糞尿の処理は深刻である。

わが国における慣行の糞尿処理システムでは、糞と尿は分離され、糞は堆肥として、尿はそのままあるいは発酵した後草地へ施用される。したがって過剰の糞は、堆肥として経営外に流通させることが可能であるが尿の処理と利用は難しい。

尿を資源として利用する方法として、尿を自然石と腐植土そして微生物で処理した液、いわゆる活性水が、一部の地域で注目されている¹⁾。

この方法は尿の浄化だけでなく、活性水は牛舎内の消毒やサイレージ添加物としても使用されている。しかし、活性水の効果について科学的にはまだ証明されていない。

そこで活性水がサイレージの発酵にどのように影響するかを検討するためにグルコースと乳酸菌の効果と比較した。

1) 原料草

原料草には本学園場で栽培された、出穂初期のチモシー1番草を用いた。原料草の化学成分は、水分含量78.7%、乾物中粗蛋白質8.1%、可溶性炭水化物(WSC)11.6%であった。

2) サイレージ調製

原料草は刈り取り後、ただちに約1cmの長さに切断し、所定の添加物とよく混合処理して、実験用サイロ(1ℓ容プラスチックサイロ)に詰め込み密封した。処理は、①無添加、②活性水0.1%添加、③グルコース0.5%添加、④乳酸菌0.002%添加、⑤グルコース0.5%+活性水0.1%添加、⑥乳酸菌0.002%+活性水0.1%添加とし、詰め込み後、2、4、7、14および50日目にサイロを開封し、分析に供した。

3) 分析方法

原料草およびサイレージは通風乾燥機により60°Cで24時間乾燥後風乾し、これをウィレー型粉碎機により粉碎して分析に供した。水分は常法、粗蛋白質はケルダール法、WSCはアンスロン比色法で測定した²⁾。またサイレージの発酵品質は、新鮮物中の純水抽出液を用いて、pH

¹⁾ 酪農学科 Department of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069 Japan

²⁾ 食品科学科 Department of Food Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069 Japan

³⁾ 大学農場 Research Farm, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, 069 Japan

本稿は、1994年度酪農学園大学共同研究「酪農におけるふん尿処理と活用システムに関する研究」(研究代表者 市川治教授)の成果の一部である。

はガラス電極 pH メーターにより、 $\text{NH}_3\text{-N}$ は水蒸気蒸留法により、有機酸はガスクロマトグラフィー（機種：島津 GC-14 A 型，検出機：FID，カラム：1.6 m ガラス製，温度：120–190°C，5°C/分，充填剤：PEG 6.000）により定量した²⁾。

結 果

1) pH の経日的変化

サイレージの pH の経日的変化は図 1 に示した。

無添加，活性水添加，グルコース添加，グルコース＋活性水添加ではほとんど変化しなかったのに対し，乳酸菌添加では 2 日目から 14 日目まで著しく低下し，その後やや高くなったが，終始最も低かった。一方，乳酸菌と活性水の併用添加では，無添加あるいは活性水添加と乳酸菌添加との中間の値で変化した。

2) $\text{NH}_3\text{-N}$ 比率の経日的変化

サイレージのアンモニア態窒素比率の経日的変化は図 2 に示した。

無添加とグルコース添加では，ほぼ同様に 7 日目まで急速に，そしてその後は徐々に増加し，50 日目ではそれ

ぞれ 18.5% と 21.1% になった。これに対し，活性水添加および活性水＋グルコース添加では，無添加とグルコース添加よりも増加し，50 日目ではそれぞれ 29.1%，26.0% であった。一方，乳酸菌添加では，終始最も低く推移し，50 日目では 8.7% であった。そして乳酸菌＋活性水添加では，無添加と乳酸菌添加の中間で推移した。

3) 有機酸の経日的変化

乳酸含量の経日的変化は図 3 に示した。

乳酸菌添加では，14 日目まで急速に増加し，1.06% と最高となり，50 日目ではやや低下し，0.80% になったが，終始最も高い値で推移した。

無添加，活性水添加，グルコース添加，グルコース＋活性水添加では低い値で推移し，乳酸菌＋活性水は 14 日目まで中間値であったが，50 日目では無添加と差が無くなった。

酢酸含量の経日的変化は図 4 に示した。

酢酸はどの処理においても 2 日目までに急激に増加し，7 日目以後はほぼ一定となったが，乳酸菌添加と乳酸菌＋活性水添加では最も低く推移した。

酪酸含量の経日的変化は図 5 に示した。

図 1 pH の経日的変化

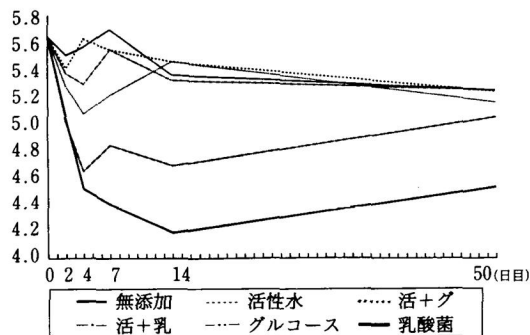


図 3 乳酸の経日的変化

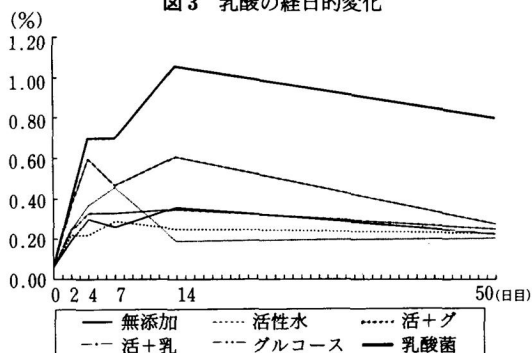


図 2 アンモニア態窒素の経日的変化

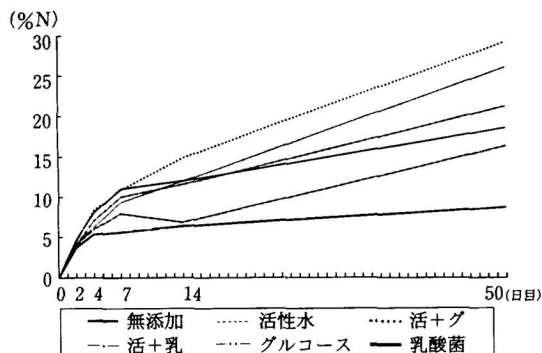


図 4 酢酸の経日的変化

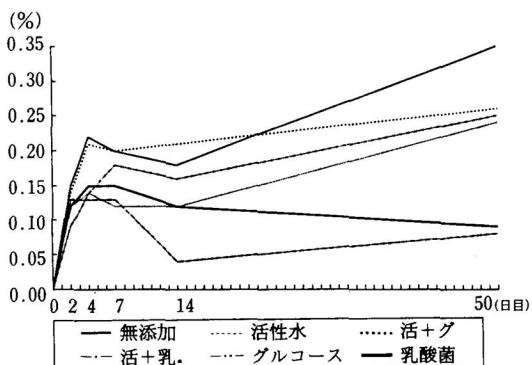


図5 酪酸の経日的変化

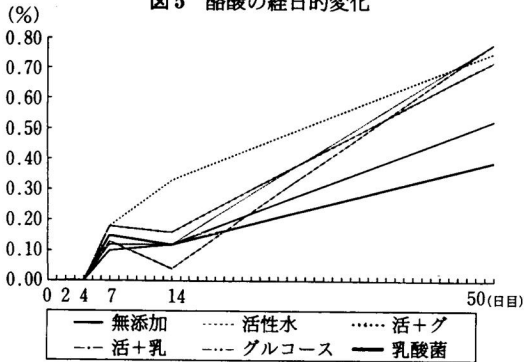


表1 サイレージの発酵品質に及ぼす添加物の影響(50日目)

	pH	乳酸	酢酸	酪酸	総酸	NH ₃ -N (% N)
				(%)		
無 添 加	5.24 ^A	0.23 ^B	0.35 ^{A,a}	0.53 ^{A,B,a,b}	1.24	18.5 ^{B,C,b}
活 性 水 添 加	5.23 ^A	0.23 ^B	0.26 ^{A,a}	0.75 ^{A,a}	1.54	29.1 ^{A,a}
グルコース添加	5.24 ^A	0.25 ^B	0.25 ^{A,a}	0.72 ^{A,B,a}	1.43	21.1 ^{A,B,b}
乳 酸 菌 添 加	4.43 ^B	0.80 ^A	0.09 ^{B,b}	0.39 ^{B,b}	0.80	8.7 ^{C,D,c}
グルコース+活性水添加	5.15 ^A	0.21 ^B	0.24 ^{A,B,a}	0.78 ^{A,a}	1.49	26.0 ^{A,B,a}
乳酸菌+活性水添加	5.04 ^A	0.28 ^B	0.08 ^{B,b}	0.78 ^{A,a}	1.38	16.3 ^{B,C,b}
標 準 誤 差	0.04	0.05	0.02	0.04	0.10	1.0

異文字間に有意差あり A, B, C, D $P < 0.01$, a, b $P < 0.05$

量、酪酸含量には無添加と有意差が無かった。また、活性水添加とグルコース添加の NH₃-N 比率は無添加より有意 ($P < 0.01$) に高くなり、酪酸含量も有意ではないが、増加した。一方、乳酸菌添加サイレージは、無添加およびその他のサイレージに比べ、pH、酢酸含量、酪酸含量および NH₃-N 比率が有意 ($P < 0.01$) に減少し、乳酸含量が有意 ($P < 0.01$) に増加した。活性水と乳酸菌あるいはグルコースと併用添加するとそれぞれを単独添加した場合のほぼ中間の値を示し、活性水がサイレージの品質を阻害する傾向が示された。

考 察

無添加のサイレージは、pH が 5.24 と高く、酪酸含量と NH₃-N 比率も高い、品質の悪いものであった。また、グルコース添加のサイレージは無添加とほぼ同じ品質であった。これに対し、活性水添加のサイレージは無添加より品質が悪くなり、乳酸菌添加では最も品質が良くなった。そして、活性水とグルコースとの併用添加では、それぞれの単独添加と効果が変わらなかったが、活性水と乳酸菌の併用添加では、乳酸菌の単独添加の場合よりサイレージの品質が悪くなった。

サイレージ発酵には多くの微生物が関与している。こ

酪酸はどの処理でも 7 日目で生成が見られたが、50 日目の値は、乳酸菌添加あるいはグルコース+活性水添加で最も高い値を示し、乳酸菌の単独添加が一番低い値となった。

4) 50 日目におけるサイレージ品質

50 日目におけるサイレージ品質におよぼす添加物の影響は表 1 に示した。

無添加のサイレージは、pH が高く、NH₃-N 比率と酪酸含量が高く品質が悪かった。また、活性水添加、グルコース添加、グルコース+活性水添加、乳酸菌+活性水添加のサイレージの品質も悪く、pH、乳酸含量、酢酸含

の微生物の性質を利用して有害微生物が増殖しないようにすることがサイレージ発酵の基本である。サイレージ発酵を成功させるためには、①好気性の微生物の増殖を抑制する、②有害な嫌気性菌による腐敗を抑制する、以上の 2 点が重要になっている¹⁾。したがってこの 2 点の条件を満たすには、サイロ内を密封し、酸素の供給を遮断し、嫌気性を保つようにし、好気性菌の増殖を阻止する。そして、次に有害な嫌気性菌の増殖を抑制するためには水分含量を 60 % 以下にするか、pH を 4.0 以下にするとよいとされている。

本研究で供試した原料草のチモシーは、乾物中の WSC 含量が 11.6 % と中程度であったが、水分含量は 78.7 % と高かった。また、原料草には、腸内細菌を主とする好気性細菌が多く存在し²⁾、無添加ではこれらの細菌が発酵初期に増殖し、嫌気的条件になってからクロストリジウムが増殖し、品質の悪いサイレージができたと考えられる。

一般にグルコースを 1 ~ 2 % 添加するとサイレージ品質が改善されることはよく知られているが、今回のような添加量 (0.5 %) では効果が認められなかった。

Ataku ら²⁾ は、これまで、乳酸菌を添加すると、サイレージの発酵が改善され、良質サイレージができること

を報告しているが、今回もその効果を確認した。一方、活性水の添加は無添加と変わらないか、むしろ酪酸発酵を助長し、サイレージ品質が悪くなることが示された。活性水には、大腸菌やサルモネラ菌の存在は認められていないが、放線菌やクロストリジウムがg当り 10^5 も存在する⁹⁾。放線菌がサイレージ発酵に及ぼす影響は明らかでないが、クロストリジウムが多いことはサイレージ発酵には好ましくない。一般に、活性水の生産は自然条件で行われていることから、常に一定の製品が得られるとは限らない。本研究で使用した活性水の効果は認められなかったが、効果があったとする報告もある⁹⁾。したがって、活性水に含まれる物質や微生物、そしてサイレージの調製条件との関連についてさらに検討する必要があるだろう。

要 約

微生物とミネラルで発酵処理した尿の培養物、活性水の添加がサイレージの発酵に及ぼす影響を検討した。

材料には、チモシーの1番草を用い、①無添加、②活性水0.1%添加、③グルコース0.5%添加、④乳酸菌0.002%添加、⑤グルコース+活性水添加、⑥乳酸菌+活性水添加の6処理でサイレージを調製した。サイロは、詰め込み後2, 4, 7, 14, 50日目に開封し、サイレージの品質を調べた。

サイレージのpHは乳酸菌添加によって急速に低下したが、その他の処理には変化がなかった。サイレージの乳酸含量は、乳酸菌添加によって著しく増加したが、その他には変化がなかった。酪酸含量はすべてのサイレージにおいて徐々に増加し、乳酸菌添加で最も低かったが、

その他の処理では無添加より高くなった。アンモニア態窒素比率はすべてのサイレージで7日目まで急速に増加し、その後徐々に増加したが、乳酸菌添加で最も低く、活性水添加で最も高くなった。

以上のことから、活性水添加によってサイレージの品質は改善されなかった。

謝 辞

本研究は、1994年度酪農学園大学共同研究(代表市川治)の助成を受けたものである。なお本研究を実施するに当たり、原料草の提供を頂いた本学附属農場並びにサイレージ調製に協力頂いた本学酪農学科家畜飼料学の学生諸氏に対し謝意を表する。

文 献

- 1) 安宅一夫, 1990. 草地学, pp. 223-242, 文永堂出版, 東京.
- 2) Ataku, K., H. Nakamura, N. Narasaki and M. Kikuchi, 1985. Proceeding XV International Grassland Congress, 889-891.
- 3) 市川治, 安宅一夫, 寺内光宏, 1995. 日本, 韓国, デンマークにみる酪農と環境問題, pp. 1-65, 酪農学園大学エクステンションセンター, 江別.
- 4) 平野明子, 1993. 平成4年度酪農学園卒業論文.
- 5) 菊地政則, 未発表.
- 6) 森本宏監修, 1971. 動物栄養試験法, 養賢堂, 東京.
- 7) 長崎浩, 1993. 自然の自浄作用を活かすBMW糞尿・廃水処理システム, 農文協, 東京.

Summary

We investigated the effect of the addition of dairy urine fermented by bacteria and minerals (BMU) on the fermentation quality of silage. Using the 1st cutting of timothy grass, silages were made by six different processes: (1) no additive (control), (2) 0.1% addition of BMU, (3) 0.5% addition of glucose, (4) 0.002% addition of inoculant of lactic acid bacteria (LB), (5) addition of BMU and glucose, and (6) addition of BMU and LB. After ensiling, the silos were opened at 2, 4, 7, 14 and 50 days to check the silage quality.

The pH value of the silage rapidly decreased with the addition of LB. However, in the other treatments, there was no change in pH. There was a marked increase in the lactic acid content in the silage with the addition of LB, but no change in the lactic acid content was seen in the other silages. Butyric acid content increased gradually in all the silages. The butyric acid content was lowest in the LB-added silage, but was higher in all silages except the one with LB, compared to the control. There was a rapid increase in the ammonia-N content in all

silages up until day 7, followed by a gradual increase. The ammonia-N content was lowest in the LB-added silage and highest in the BMU-added silage.

The above results show that the addition of BMU to silage does not improve the fermentation quality.